

⑮ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 100 62 257 A 1**

⑤ Int. Cl. 7:
H 01 M 8/02

⑳ Aktenzeichen: 100 62 257.7
㉑ Anmeldetag: 14. 12. 2000
㉒ Offenlegungstag: 12. 7. 2001

⑬ Unionspriorität:
09/461581 15. 12. 1999 US
⑰ Anmelder:
General Motors Corporation, Detroit, Mich., US
⑰ Vertreter:
Manitz, Finsterwald & Partner GbR, 80538 München

㉓ Erfinder:
Clingerman, Bruce J., Palmyra, New York, US;
Mowery, Kenneth D., Noblesville, Indiana, US

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Verfahren zum Betrieb eines Brenners in einem Brennstoffzellensystem

⑤⑦ Bei einem Aspekt sieht die Erfindung ein Verfahren zum Betrieb eines Brenners vor, um einen Brennstoffprozessor auf eine Solltemperatur in einem Brennstoffzellensystem zu erwärmen, wobei der Brennstoffprozessor Wasserstoff (H₂) aus einem Kohlenwasserstoff zur Reaktion innerhalb einer Brennstoffzelle erzeugt, um Elektrizität zu erzeugen. Insbesondere sieht die Erfindung ein Verfahren und ausgewählte Systemkonstruktionsmerkmale vor, die zusammenwirken, um einen Startbetriebsmodus und einen glatten Übergang von einem Startmodus des Brenners und Brennstoffprozessors zu einem Laufmodus zu schaffen.

DE 100 62 257 A 1

DE 100 62 257 A 1

DE 100 62 257 A 1

1

Beschreibung

Staatliche Förderung

Die Regierung der Vereinigten Staaten von Amerika besitzt Rechte an dieser Erfindung gemäß dem Vertrag Nummer DE-AC02-90CH10435, erteilt vom U.S. Department of Energy.

Gebiet der Erfindung

Diese Erfindung betrifft ein Brennstoffzellensystem und insbesondere einen Brenner, der einen Brennstoffprozessor erwärmt, der ein H_2 -reiches Zufuhrgas zum Verbrauch in einem Brennstoffzellenstapel erzeugt.

Hintergrund der Erfindung

Brennstoffzellen sind bei vielen Anwendungen als Energiequelle verwendet worden. Beispielsweise sind Brennstoffzellen zur Verwendung in elektrischen Fahrzeugantrieben als Ersatz für Verbrennungsmotoren vorgeschlagen worden. Bei Brennstoffzellen mit Protonenaustauschmembran (PEM) wird Wasserstoff an die Anode der Brennstoffzelle und Sauerstoff als das Oxidationsmittel an die Kathode geliefert. PEM-Brennstoffzellen umfassen einen Membranelektrodenaufbau (MEA), der eine dünne, protonendurchlässige, nicht elektrisch leitfähige Festpolymerelektrolytmembran umfaßt, die auf einer ihrer Seiten den Anodenkatalysator und auf der gegenüberliegenden Seite den Kathodenkatalysator umfaßt. Der MEA ist zwischen ein Paar elektrisch leitfähiger Elemente geschichtet, die (1) als Stromkollektoren für die Anode und Kathode dienen und (2) geeignete Kanäle und/oder Öffnungen darin zur Verteilung der gasförmigen Reaktanden der Brennstoffzelle über die Oberflächen der jeweiligen Anoden- und Kathodenkatalysatoren enthalten. Der Begriff Brennstoffzelle wird abhängig vom Zusammenhang typischerweise als Bezeichnung für entweder eine einzelne Zelle oder eine Vielzahl von Zellen (Stapel) verwendet. Eine Vielzahl einzelner Zellen wird üblicherweise miteinander gebündelt, um einen Brennstoffzellenstapel zu bilden, und gemeinsam in Serie angeordnet. Jede Zelle in dem Stapel umfaßt den Membranelektrodenaufbau (MEA), der vorher beschrieben wurde, und jeder derartige MEA liefert seinen Spannungszuwachs. Eine Gruppe benachbarter Zellen innerhalb des Stapels wird als Cluster bezeichnet. Typische Anordnungen von Mehrfachzellen in einem Stapel sind in dem U.S. Patent Nr. 5,763,113 beschrieben, das der General Motors Corporation übertragen ist.

Bei PEM-Brennstoffzellen ist Wasserstoff (H_2) der Anodenreaktand (d. h. Brennstoff) und Sauerstoff ist der Kathodenreaktand (d. h. Oxidationsmittel). Der Sauerstoff kann entweder in reiner Form (O_2) oder als Luft (eine Mischung aus O_2 und N_2) vorliegen. Die Festpolymerelektrolyten bestehen typischerweise aus Ionenaustauscherharzen, wie beispielsweise perfluorierter Sulfonsäure. Die Anode/Kathode umfaßt typischerweise fein unterteilte katalytische Partikel, die oftmals auf Kohlenstoffpartikeln getragen und mit einem protonenleitfähigen Harz gemischt sind. Die katalytischen Partikel sind typischerweise kostbare Metallpartikel. Diese Membranelektrodenaufbauten sind relativ teuer herzustellen und erfordern für einen wirksamen Betrieb bestimmte Bedingungen, wie beispielsweise ein richtiges Wassermanagement und eine Befeuchtung und eine Regelung von katalysatorschädlichen Bestandteilen, wie beispielsweise Kohlenmonoxid (CO).

Bei Fahrzeuganwendungen ist es erwünscht, einen flüssi-

2

gen Brennstoff, wie beispielsweise einen Alkohol (beispielsweise Methanol oder Ethanol) oder Kohlenwasserstoffe (beispielsweise Benzin) als Wasserstoffquelle für die Brennstoffzelle zu verwenden. Derartige flüssige Brennstoffe für das Fahrzeug sind leicht an Bord zu speichern und es besteht eine breite Infrastruktur zur Lieferung flüssiger Brennstoffe. Jedoch müssen derartige Brennstoffe aufgespalten werden, um deren Wasserstoffgehalt zur Befüllung der Brennstoffzelle mit Brennstoff freizugeben. Die Aufspaltungsreaktion wird in einem chemischen Brennstoffprozessor oder Reformer erreicht. Der Brennstoffprozessor umfaßt einen oder mehrere Reaktoren, in denen der Brennstoff mit Dampf und manchmal Luft reagiert, um ein Reformatgas zu erzielen, das hauptsächlich Wasserstoff und Kohlendioxid umfaßt. Beispielsweise reagieren bei dem Dampf-Methanol-Reformationsprozeß Methanol und Wasser (als Dampf) idealerweise, um Wasserstoff und Kohlendioxid zu erzeugen. In Wirklichkeit werden auch Kohlenmonoxid und Wasser erzeugt. Bei einem Benzinreformationsprozeß werden Dampf, Luft und Benzin in einem Brennstoffprozessor reagiert, der zwei Abschnitte umfaßt. Einer ist hauptsächlich ein Partialoxidationsreaktor (POX) und der andere ist hauptsächlich ein Dampfreformer (SR). Der Brennstoffprozessor erzeugt Wasserstoff, Kohlendioxid, Kohlenmonoxid und Wasser. Unterstromige Reaktoren, wie beispielsweise Wasser-Gas-Shift-Reaktoren (WGS-Reaktoren) und Reaktoren für selektive Oxidation (PROX-Reaktoren) werden dazu verwendet, um Kohlendioxid (CO_2) aus Kohlenmonoxid (CO) unter Verwendung von Sauerstoff aus Luft als Oxidationsmittel zu erzeugen. Hierbei ist die Steuerung der Luftzufuhr wichtig, um CO selektiv in CO_2 zu oxidieren. Typischerweise ist ein Brenner in einem Brennstoffzellensystem enthalten, der dazu verwendet wird, verschiedene Teile des Brennstoffprozessors, einschließlich der Reaktoren nach Bedarf zu erwärmen.

Brennstoffzellensysteme, die einen Kohlenwasserstoff-Brennstoff verarbeiten, um ein wasserstoffreiches Reformat zum Verbrauch durch PEM-Brennstoffzellen zu erzeugen, sind bekannt und beschrieben in den ebenfalls abhängigen U.S. Patentanmeldungen Seriennr. 08/975,442 und 08/980,087, die im November 1997 eingereicht wurden, und U.S. Seriennr. 09/187,125, die im November 1998 eingereicht wurde und die jeweils der General Motors Corporation übertragen sind, die Anmelderin der vorliegenden Erfindung ist; und in der internationalen Anmeldung Veröffentlichungsnr. WO 98/08771, die am 5. März 1998 veröffentlicht wurde. Eine typische PEM-Brennstoffzelle und ihr Membranelektrodenaufbau (MEA) sind in den U.S. Patenten Nr. 5,272,017 und 5,316,871 beschrieben, die am 21. Dezember 1993 bzw. 31. Mai 1994 eingereicht wurden und auf die General Motors Corporation übertragen sind.

Ein wirksamer Betrieb eines Brennstoffzellensystems hängt von der Fähigkeit ab, den Betrieb von voneinander abhängigen Hauptkomponenten oder Subsystemen, wie beispielsweise dem Brenner und dem Brennstoffprozessor, wirksam zu steuern. Dies ist insbesondere während der Startphase eines Fahrzeugbrennstoffzellensystems schwierig, bei dem der Brenner den Brennstoffprozessor auf eine Temperatur erwärmt, die ausreichend ist, damit der Brennstoffprozessor wasserstoffreiche Zufuhr für die Brennstoffzelle erzeugen kann. Es ist auch schwierig, Brennerwärme während des Überganges von einem Startmodus zu einem Laufmodus beizubehalten, bei dem der Brenner zumindest teilweise durch den wasserstoffreichen Strom von dem Brennstoffprozessor mit Brennstoff beliefert wird.

Es ist daher erwünscht, ein Verfahren zu schaffen, durch welches das Brennstoffzellensystem während des Start- und Laufmodus wirksam betrieben werden kann, so daß der

DE 100 62 257 A 1

3

Brenner und der Brennstoffprozessor wirksam betrieben werden.

Zusammenfassung der Erfindung

Die vorliegende Erfindung ist auf den Betrieb eines Brennstoffzellensystemes gerichtet, das einen Brenner umfaßt, der einen Brennstoffprozessor erwärmt, der seinerseits einen wasserstoffreichen Zufuhrstrom zur Verwendung in einem Brennstoffzellenstapel erzeugt. Der wasserstoffreiche Zufuhrstrom wird in dem Brennstoffzellenstapel verbraucht, wodurch Elektrizität erzeugt wird. Die vorliegende Erfindung sieht ein neues Verfahren zum Betrieb des Brenners innerhalb des Systemes und insbesondere ein verbessertes Verfahren zum Betrieb des Brenners während des Startmodus und Übergangsmodus zu einem Laufmodus vor. Ein anderer Aspekt der Erfindung sieht eine verbesserte Systemkonfiguration und Vorrichtung vor, wodurch ein Start auf eine brennstoffeffiziente und wirksame Art und Weise erreicht wird.

Ein Aspekt der Erfindung sieht ein Verfahren zum Betrieb eines Brenners zur Erwärmung eines Brennstoffprozessors auf eine Solltemperatur während der Startphase in einem Brennstoffzellensystem vor. Hierbei gibt der Begriff Startphase an, daß der Brennstoffprozessor aus einem relativ kalten Zustand gestartet wird. Die Startphase umfaßt den beginnenden Betrieb, nachdem der Brennstoffprozessor auf unter seine Sollbetriebstemperatur abgekühlt ist. Der Brennstoffprozessor erzeugt ein wasserstoffreiches Produkt (Zufuhrstrom) aus einem Kohlenwasserstoff. Der wasserstoffreiche Zufuhrstrom von dem Brennstoffprozessor wird an einen Brennstoffzellenstapel geliefert, der durch Oxidation des Wasserstoffs mit Sauerstoff Elektrizität erzeugt. Bei einem bevorzugten Startmodus werden ein Kohlenwasserstoff-Brennstoffstrom und ein Luftstrom an den Brenner geliefert. Der Kohlenwasserstoff-Brennstoff und die Luft reagieren oder werden in dem Brenner verbrannt, um Wärme zur Erwärmung des Brennstoffprozessors zu erzeugen. Der Druck des Luftstromes zu dem Brenner wird überwacht. Die Produkte der Verbrennungsreaktion in dem Brenner werden an den Brennstoffprozessor geliefert.

Vorzugsweise wird der Brennstoffprozessor durch indirekten Wärmeübergang von den Verbrennungsprodukten erwärmt. Nachdem die Verbrennungsprodukte von dem Brenner begonnen haben, den Brennstoffprozessor zur erwärmen, wird ein Kohlenwasserstoffreaktant an den Brennstoffprozessor geliefert. Der Kohlenwasserstoffreaktant reagiert mit Dampf, Luft oder einer Kombination von beiden in dem Brennstoffprozessor. Die Reaktion zwischen dem Kohlenwasserstoffreaktant und dem Dampf und/oder Luft erzeugt einen wasserstoffreichen Zufuhrstrom, der in dem Brennstoffzellenstapel verwendbar ist, um Elektrizität zu erzeugen. Jedoch besitzt zu Beginn der Brennstoffbehandlung in dem Brennstoffprozessor der wasserstoffreiche (H_2) Zufuhrstrom oftmals nicht die Qualität, die zur Erzeugung von Elektrizität geeignet ist. Daher kann der wasserstoffreiche Strom in einem Strömungsweg von dem Brennstoffprozessor direkt zu dem Brenner geführt werden.

Anfänglich herrscht in dem Strömungsweg von dem Brennstoffprozessor zu dem Brenner im Vergleich zu dem Druck des Luftstromes, der zu dem Brenner geliefert wird, ein relativ niedriger Druck. Daher ist es während der Startphase erwünscht, daß der Druck in dem Strömungsweg von dem Brennstoffprozessor zu dem Brenner ansteigt, so daß der Druck in dem Strömungsweg zu dem Brenner größer als der Druck des Luftstromes wird, um eine Rückführung des Luftstromes in dem Strömungsweg zu verhindern. Durch das Verfahren der Erfindung bleibt der Strömungsweg von

4

dem Brennstoffprozessor in den Brenner so lange geschlossen, bis eine derartige Druckerhöhung stattgefunden hat. Anschließend wird die Fluidflußverbindung von dem Strömungsweg in den Brenner eingeleitet, woraufhin der wasserstoffreiche Zufuhrstrom in den Brenner zur Reaktion darin mit der Luft eingeführt wird.

Nachdem der H_2 -reiche Zufuhrstrom in den Brenner zugeführt ist, ist es erforderlich, die Versorgung des Brenners mit Kohlenwasserstoff-Brennstoffstrom zu verringern, um die Wärmeerzeugung in dem Brenner zu regulieren. Bei einem bevorzugten Aspekt der Erfindung wird die Verringerung der Lieferung von Kohlenwasserstoff-Brennstoffstrom durch fortschreitendes Verringern einer derartigen Lieferung auf eine solche Weise erreicht, daß der Brennstoffeingang (FI) zum Zeitpunkt n proportional zu $(1 - K) \times FI_{1-n}$ ist. Bei einem Aspekt bleibt der K-Wert konstant. Der K-Wert wird gemäß der Dynamik des Systems gewählt oder vorbestimmt. Bei einem anderen Aspekt ist der K-Wert aus einer Nachschlagetabelle gewählt, in der K mit der Zeit variiert. Es sei angemerkt, daß das Verfahren der Erfindung eine Flexibilität bei der Bildung des Herunterfahrens der Lieferung von Kohlenwasserstoff-Brennstoffstrom ermöglicht, um die Wärmeerzeugung in dem Brenner zu regulieren. Bei einem noch weiteren Aspekt der Erfindung tritt der Schritt zur Verringerung der Lieferung von Kohlenwasserstoff-Brennstoffstrom in den Brenner nicht unmittelbar dann auf, sobald der Druck in dem Strömungsweg größer als der Druck des Luftstromes wird. Statt dessen wird zwischen dem Zeitpunkt, wenn das vorher erwähnte Druckkriterium erfüllt ist, und dem Zeitpunkt, wenn die Verringerung der Versorgung mit Kohlenwasserstoff-Brennstoff eingeleitet wird, eine Zeitverzögerung eingerichtet. Diese gesteuerte Lieferung von H_2 -reichem Strom und die Verringerung von Kohlenwasserstoff-Brennstoff zu dem Brenner sieht einen glatten und effizienten Übergang in einem Laufmodus vor, während von dem Brenner ein Sollniveau an Wärmeausgang im wesentlichen beibehalten wird.

Bei einem bevorzugten Aspekt wird der obige Startbetriebsmodus dadurch erreicht, daß ein Rückschlagventil in dem Brennstoffzellensystem angeordnet wird, das in dem Strömungsweg angeordnet ist, in dem der wasserstoffreiche Zufuhrstrom in den Brenner strömt. Der Druck in dem Strömungsweg wird oberstromig des Rückschlagventiles überwacht. Eine zweite Drucküberwachungseinrichtung ist in dem Strömungsweg des Luftstromes angeordnet. Da der Strömungsweg des Luftstromes und des wasserstoffreichen Zufuhrstromes in dem Brenner miteinander vereinigt werden, sieht das Rückschlagventil ein wirksames Mittel vor, um den Strömungsweg des wasserstoffreichen Zufuhrstromes in den Brenner zu blockieren, bis der Druck des wasserstoffreichen Zufuhrstromes den Druck des Luftstromes überschreitet, wodurch das Rückschlagventil geöffnet wird und während der Startphase die Sollströmung an wasserstoffreichem Zufuhrstrom und Luft in den Brenner zuläßt.

Bei einem anderen Aspekt erzeugt, nachdem der Brennstoffprozessor seine Solltemperatur erreicht hat und beibehält, dieser den wasserstoffreichen Strom, der in dem Brennstoffzellenstapel verbraucht wird, um Elektrizität zu erzeugen. Jedoch ist die an den Brennstoffzellenstapel gelieferte Menge an Wasserstoff größer als erforderlich, um den von dem System geforderten Leistungszuwachs zu erzeugen, wodurch daher zumindest ein Anteil des wasserstoffreichen Zufuhrstromes in dem Brennstoffzellenstapel nicht verbraucht und an den Brenner geleitet wird. Dieser überschüssige Anteil des wasserstoffreichen Zufuhrstromes reagiert mit dem Luftstrom in dem Brenner zur Erzeugung von Wärme, die anschließend an den Brennstoffprozessor geliefert wird.

DE 100 62 257 A 1

5

Bei einem bevorzugten Aspekt ist daher der Brennstoffzellenstapel in dem Strömungsweg zwischen dem Brennstoffprozessor und dem Brenner angeordnet, wobei zwei Variationen möglich sind. Bei einer Variation während der Startphase wird der wasserstoffreiche Zufuhrstrom, der durch den Brennstoffprozessor erzeugt wird und anfänglich eine niedrige Qualität aufweist, zu einem Strömungsweg von dem Brennstoffprozessor direkt zu dem Brenner geführt. Bei einer anderen Variation während der Startphase wird, bevor der Brennstoffzellenstapel beginnt, Leistung zu erzeugen, ein derartiger wasserstoffreicher Zufuhrstrom mit niedriger Qualität von dem Brennstoffprozessor an den Brennstoffzellenstapel geliefert, wo er nicht verbraucht wird, verläuft durch diesen hindurch und wird dann an den Brenner geführt.

Zeichnungskurzbeschreibung

Die verschiedenen Merkmale, Vorteile und anderen Anwendungen der vorliegenden Erfindung werden aus der folgenden Beschreibung unter Bezugnahme auf die Zeichnungen offensichtlich, in welchen:

Fig. 1 eine Zeichnung ist, die ein Brennstoffzellensystem darstellt, das einen Brenner, einen Brennstoffprozessor und einen Brennstoffzellenstapel umfaßt, das gemäß der vorliegenden Erfindung betrieben wird;

Fig. 2 eine Zeichnung des in Fig. 1 gezeigten Brennstoffzellenstapels ist, der bildlich dargestellt mit einer Gebrauchsanwendung verbunden ist;

Fig. 3 eine Serie von Diagrammen umfaßt, die den durch die Erfindung implementierten Startmodus veranschaulichen, wobei vor und nach Punkt A im Zeitablauf der Brenner betrieben wird; zwischen Zeitperioden A und B der Brennstoffprozessor den Betrieb beginnt und diesen nach Punkt B beibehält; zum Zeitpunkt B ein Ventil öffnet, das eine Strömung von dem Brennstoffprozessor zu dem Brenner einführt; und zum Zeitpunkt C begonnen wird, flüssigen Kohlenwasserstoff-Brennstoff zu dem Brenner abzusenden.

Detailbeschreibung der bevorzugten Ausführungsformen

Bei einem Aspekt sieht die Erfindung ein Verfahren zum Betrieb eines Brenners vor, um einen Brennstoffprozessor auf eine Solltemperatur in einem Brennstoffzellensystem zu erwärmen, wobei der Brennstoffprozessor Wasserstoff (H_2) aus einem Kohlenwasserstoff zur Reaktion innerhalb einer Brennstoffzelle erzeugt, um Elektrizität zu erzeugen. Insbesondere sieht die Erfindung ein Verfahren und ausgewählte Systemkonstruktionsmerkmale vor, die zusammenwirken, um einen Startbetriebsmodus und einen glatten Übergang von der Startphase des Brenners und des Brennstoffprozessors zu einem Laufmodus zu schaffen. Während dieser Übergangsperiode ändert sich der Brennerbetriebsmodus von einem Modus, bei dem ein Kohlenwasserstoff-Brennstoff in dem Brenner reagiert, um den Brennstoffprozessor zu erwärmen, zu einem Modus, bei dem ein wasserstoffreicher Zufuhrstrom, der durch den Brennstoffprozessor erzeugt wird, zurück an den Brenner zur Reaktion darin zurückgeführt wird, um das System mit Wärme zu versorgen. Während des Laufmodus erzeugt der Brennstoffprozessor wasserstoffreiche Zufuhr für den Brennstoffzellenstapel in einer Menge, die erheblich größer als die ist, die für den Verbrauch durch den Stapel erforderlich ist. Hier wird ein Anteil des wasserstoffreichen Zufuhrvorrats an den Brenner zurück rezirkuliert, wie angemerkt ist.

Die verschiedenen Aspekte der Erfindung werden unter Bezugnahme auf das in Fig. 1 gezeigte beispielhafte Brennstoffzellensystem besser verständlich. Daher ist es vor der

6

weiteren Beschreibung der Erfindung nützlich, das System zu verstehen, in dem das bevorzugte Betriebsverfahren und die bevorzugten Vorrichtungsmerkmale implementiert ist.

Fig. 1 zeigt ein Beispiel eines Brennstoffzellensystems. Das System kann in einem Fahrzeug (nicht gezeigt) als eine Energiequelle zum Fahrzeugantrieb verwendet werden. Bei dem System wird ein Kohlenwasserstoff in einem Brennstoffprozessor beispielsweise durch Reformationsprozesse und Prozesse mit selektiver Oxidation verarbeitet, um ein Reformatgas zu erzeugen, das auf Volumen- oder Molbasis einen relativ hohen Wasserstoffgehalt aufweist. Daher wird Bezug auf einen Reformat- oder Zufuhrstrom genommen, der wasserstoffreich (H_2) ist oder einen relativ hohen Wasserstoffgehalt aufweist.

Die Erfindung ist nachfolgend im Zusammenhang mit einer Brennstoffzelle, die durch ein H_2 -reiches Reformat mit Brennstoff befüllt wird, ungeachtet des Verfahrens beschrieben, durch das ein derartiges Reformat hergestellt wird. Es ist zu verstehen, daß die hier ausgeführten Prinzipien auf Brennstoffzellen anwendbar sind, die durch H_2 mit Brennstoff befüllt werden, der von einer beliebigen Quelle erhalten wird, einschließlich reformierbarem Kohlenwasserstoff und wasserstoffhaltigen Brennstoffen, wie beispielsweise Methanol, Ethanol, Benzin, Alken oder andere aliphatische oder aromatische Kohlenwasserstoffe in flüssiger oder gasförmiger Form.

Wie in Fig. 1 gezeigt ist, umfaßt eine Brennstoffzellenvorrichtung einen Brennstoffprozessor 2 zur katalytischen Reaktion eines Brennstoffstromes 6 aus reformierbarem Kohlenwasserstoff und Wasser in der Form von Dampf aus einem Wasserstrom 8. Bei einigen Brennstoffprozessoren wird auch Luft in einer Kombination aus Reaktion mit selektiver Oxidation/Dampfreformierungsreaktion verwendet. In diesem Fall nimmt der Brennstoffprozessor 2 auch einen Luftstrom 9 auf. Der Brennstoffprozessor umfaßt einen oder mehrere Reaktoren 12, wobei der reformierbare Kohlenwasserstoff-Brennstoff in dem Strom 6 in Anwesenheit von Wasser/Dampf 8 und manchmal Luft (in Strom 9) eine Aufspaltung erfährt, um das wasserstoffreiche Reformat zu erzeugen. Ferner kann jeder Reaktor 12 eines oder mehrere Reaktorbetten umfassen. Der Reaktor 12 kann einen oder mehrere Abschnitte oder Betten aufweisen, wobei eine Vielzahl von Konstruktionen bekannt und anwendbar sind. Daher kann die Auswahl und Anordnung der Reaktoren 12 variieren, wobei beispielhafte Brennstoffreformierungsreaktor(en) 14 und unterstromige Reaktor(en) 16 unmittelbar anschließend beschrieben sind.

Beispielsweise reagieren in einem beispielhaften Dampf-Methanol-Reformationsprozeß Methanol und Wasser (als Dampf) idealerweise in einem Reaktor 14, um Wasserstoff und Kohlendioxid zu erzeugen, wie vorher im Hintergrund beschrieben wurde. Tatsächlich werden auch Kohlenmonoxid und Wasser erzeugt. Bei einem weiteren Beispiel reagieren in einem beispielhaften Benzinreformationsprozeß Dampf, Luft und Benzin in einem Brennstoffprozessor, der einen Reaktor 14 umfaßt, der zwei Abschnitte aufweist. Ein Abschnitt des Reaktors 14 ist hauptsächlich ein Partialoxida-tionsreaktor (POX) und der andere Abschnitt des Reaktors ist hauptsächlich ein Dampfreformer (SR). Wie in dem Fall der Methanolreformation erzeugt die Benzinreformation den erwünschten Wasserstoff, erzeugt aber zusätzlich Kohlendioxid, Wasser und Kohlenmonoxid. Nach jedem Reformationstyp ist es erwünscht, den Kohlenmonoxidgehalt des Produktstromes zu verringern.

Demgemäß umfaßt der Brennstoffprozessor 2 typischerweise auch einen oder mehrere unterstromige Reaktoren 16, wie beispielsweise Wasser-Gas-Shift-Reaktoren (WGS-Reaktoren) und Reaktoren für selektive Oxidation (PROX-Re-

DE 100 62 257 A 1

7

aktoren), die dazu verwendet werden, aus Kohlenmonoxid Kohlendioxid zu erzeugen, wie vorher im Hintergrund beschrieben wurde. Vorzugsweise wird der anfängliche Reformatausgangsgasstrom, der Wasserstoff, Kohlendioxid, Kohlenmonoxid (CO) und Wasser umfaßt, in einem Reaktor 16 für selektive Oxidation (PROX-Reaktor) weiter behandelt, um die CO-Niveaus darin auf annehmbare Niveaus, beispielsweise unterhalb 20 ppm zu reduzieren. Dann wird während des Laufmodus das H₂-reiche Reformat 20 durch Ventil 31 in die Anodenkammer eines Brennstoffzellenstapels 22 zugeführt. Gleichzeitig wird Sauerstoff (beispielsweise Luft) von einem Oxidationsmittelstrom 24 in die Kathodenkammer des Brennstoffzellenstapels 22 zugeführt. Luft für den Oxidationsmittelstrom 24 wird durch eine Luftversorgung, vorzugsweise einen Kompressor 30 vorgesehen. Der Wasserstoff von dem Reformatstrom 20 und der Sauerstoff von dem Oxidationsmittelstrom 24 reagieren in der Brennstoffzelle 22, um Elektrizität zu erzeugen. Abgas oder Abfluß 26 von der Anodenseite der Brennstoffzelle 22 enthält einigen nicht reagierten Wasserstoff. Das Abgas oder der Abfluß 28 von der Kathodenseite der Brennstoffzelle 22 enthält einigen nicht reagierten Sauerstoff.

Bei normalen Lauf oder Betriebszuständen wird Luft von der Luftversorgung (Kompressor 30) an die Brennstoffzelle 22 durch ein Ventil 32 geführt. Während der Startphase wird jedoch das Ventil 32 betätigt, um Luft direkt an den Eingang eines Brenners 34 zu liefern. Die Luft wird in dem Brenner 34 dazu verwendet, mit einem Brennstoff, vorzugsweise einem flüssigen Kohlenwasserstoff, zu reagieren, der durch Leitung 46 geliefert wird. Die Verbrennungswärme wird dazu verwendet, verschiedene Teile des Brennstoffprozessors 2 zu erwärmen.

Es sei angemerkt, daß einige der Reaktionen, die in dem Brennstoffprozessor 2 auftreten, endotherm sind und somit Wärme erfordern. Andere Reaktionen verlaufen exotherm und erfordern eine Beseitigung von Wärme. Typischerweise erfordert der PROX-Reaktor 16 eine Beseitigung von Wärme. Eine oder mehrere der Reformationsreaktionen in dem Reaktor 14 sind typischerweise endotherm. Dies wird typischerweise durch Vorerwärmen der Reaktanden Brennstoff 6, Dampf 8 und Luft 9 und/oder durch Erwärmen ausgewählter Reaktoren erreicht.

Wärme von dem Brenner 34 wird durch Leitung 36 geführt, um ausgewählte Reaktoren und Reaktorbetten in dem Brennstoffprozessor 2 während der Startphase zu erwärmen. Der Brenner 34 erzielt eine Erwärmung der ausgewählten Reaktoren und Betten in dem Brennstoffprozessor 2 je nach Erfordernis durch indirekte Wärmeübertragung damit. Typischerweise umfassen derartige indirekt erwärmte Reaktoren eine Reaktionskammer mit einem Einlaß und einem Auslaß. In der Reaktionskammer sind die Betten in der Form von Trägerelementsubstraten vorgesehen, von denen jedes eine erste Oberfläche aufweist, die katalytisch aktives Material zur Erzielung der gewünschten chemischen Reaktionen trägt. Eine zweite Oberfläche, die der ersten Oberfläche entgegengesetzt ist, dient zum Wärmeübergang von heißen Gasen auf die Trägerelementsubstrate. Zusätzlich ist der Brenner 34 verwendbar, um den Brennstoff 6, das Wasser 8 und die Luft 9 vorzuwärmen, die als Reaktanden an den Brennstoffprozessor 2 geliefert werden.

Es sei angemerkt, daß die Luft 9, die an den Brennstoffprozessor 2 geliefert wird, in einem oder mehreren der Reaktoren 12 verwendet werden kann. Wenn Reaktor 14 ein Benzinreformationsreaktor ist, dann wird Luft von Leitung 9 an den Reaktor 14 geliefert. Der PROX-Reaktor 16 verwendet auch Luft, um CO in CO₂ zu oxidieren, und empfängt auch Luft von der Luftlieferquelle (Kompressor 30) über Leitung 9.

8

Der Brenner 34 definiert eine Kammer 41 mit einem Einlaßende 42, einem Auslaßende 44 und einem Katalysatorabschnitt 48 zwischen den Enden. Bei einem Startmodus wird Kohlenwasserstoff-Brennstoff 46 in den Brenner eingespritzt. Der Kohlenwasserstoff-Brennstoff wird, wenn er in flüssiger Form vorliegt, vorzugsweise verdampft und zwar entweder vor der Einspritzung in den Brenner oder in einem Abschnitt des Brenners, um den Brennstoff zur Verbrennung zu verteilen. Es sei zu angemerkt, daß der Kohlenwasserstoff, obwohl dieser vorzugsweise als ein flüssiger Kohlenwasserstoff-Brennstoff offenbart ist, eine andere Form annehmen kann, wie beispielsweise ein Gas. Die Verdampfung kann mit einem elektrischen Heizer ausgeführt werden. Sobald das System arbeitet und der Brenner aufgewärmt worden ist, kann die Verdampfung durch Wärmeaustausch unter Verwendung von Wärme von dem Brennerabgas stattfinden, um den eintretenden Brennstoff zu verdampfen. Vorzugsweise ist eine Brennstoffmeßvorrichtung oder eine Einspritzvorrichtung 43 vorgesehen, um die Rate zu steuern, mit der Kohlenwasserstoff-Brennstoff an den Brenner geliefert wird.

Der Kohlenwasserstoff-Brennstoff 46 und der Anodenabfluß 26 reagieren in dem Katalysatorabschnitt 48 des Brenners 34, wobei dieser Abschnitt zwischen den Einlaß- und Abgasenden 42 bzw. 44 des Brenners 34 liegt.

Sauerstoff wird entweder von der Luftversorgung (d. h. Kompressor 30) über Ventile 32 oder von einem zweiten Luftströmungsstrom, wie beispielsweise einem Kathodenabflußstrom 28, abhängig von den Systembetriebsbedingungen an den Brenner 34 geliefert. Ein Ventil 50 erlaubt die Freigabe des Brennerabgases 36 an die Atmosphäre, wenn es nicht erforderlich ist, um Reaktoren in dem Brennstoffprozessor 2 zu erwärmen.

Wie aus Fig. 1 und der obigen Beschreibung ersichtlich ist, ergänzt der Kohlenwasserstoff-Brennstoffstrom 46 den Brennstoff des Anodenabflusses 26 für den Brenner 34, wie erforderlich ist, um die Übergangs- und Festzustandsanfordernisse des Brennstoffzellensystems zu erfüllen. In einigen Situationen gelangt Abgas durch einen Regler 38, ein Absperrventil 140 und einen Schalldämpfer 142, bevor es an die Atmosphäre freigegeben wird. In Fig. 1 sind die Symbole wie folgt: "V" ist Ventil, "MFM" ist Massenflußmeter, "T" ist Temperaturüberwachung, "R" ist Regler, "C" ist Kathodenseite der Brennstoffzelle, "A" ist Anodenseite der Brennstoffzelle, "IN" ist Einspritzeinrichtung, "COMP" ist Kompressor und "P" ist Drucküberwachung.

Die Menge an Wärme, die von den gewählten Reaktoren in dem Brennstoffprozessor 2 gefordert wird und an den Brenner 34 geliefert werden soll, ist abhängig von der Menge an Brennstoff und Wassereingang und schließlich der Sollreaktionstemperatur in dem Brennstoffprozessor 2. Wie vorher angemerkt wurde, wird manchmal auch Luft durch Leitung 9 in dem Reformationsreaktor verwendet und muß zusammen mit dem Brennstoff und dem Wassereingang auch berücksichtigt werden. Um die Wärmeanforderung des Brennstoffprozessors 2 liefern zu können, verwendet der Brenner 34 das gesamte Anodenabgas oder -abfluß 26 und möglicherweise einigen Kohlenwasserstoff-Brennstoff 46. Enthalpygleichungen werden dazu verwendet, um die Menge an Kathodenabgasluft zu bestimmen, die an den Brenner 34 geliefert werden soll, um die Solltemperaturanforderungen des Brenners 34 erfüllen zu können, damit der Brenner 34 schließlich die durch den Brennstoffprozessor 2 geforderte Wärme erzielt. Der Sauerstoff oder die Luft, die an den Brenner 34 geliefert werden, umfaßt Kathodenabflußabgas 28, das typischerweise einen Prozentsatz des Gesamtsauerstoffes darstellt, der zu der Kathode der Brennstoffzelle 22 geliefert wird, und/oder einen Luftstrom von

DE 100 62 257 A 1

9

dem Kompressor 30 abhängig davon, ob die Vorrichtung in einem Startmodus, bei dem der Kompressorluftstrom ausschließlich verwendet wird, oder in einem Laufmodus unter Verwendung des Kathodenabflusses 28 und/oder der Kompressorluft arbeitet. In dem Laufmodus wird die Gesamtluft, Sauerstoff oder Verdünnungsanforderung, die durch den Brenner 34 erforderlich ist und nicht durch den Kathodenabfluß 28 erfüllt wird, durch den Kompressor 30 in einer Menge geliefert, um die Temperatur und Wärme zu erfüllen, die von dem Brenner 34 bzw. dem Brennstoffprozessor 2 gefordert sind. Die Luftsteuerung ist über ein Luftverdrünnungsventil 47 implementiert, das vorzugsweise ein über Schrittmotor angetriebenes Ventil mit einer variablen Mündung ist, um die Austrittsmenge an Kathodenabgas 28, die zu dem Brenner 34 geliefert wird, steuern zu können.

Bei dieser beispielhaften Darstellung einer Brennstoffzellenvorrichtung verläuft bei einem Aspekt der Erfindung der Betrieb des Brenners und die Startphase in einem Brennstoffzellensystem wie folgt. Zu Beginn des Betriebs, wenn die Brennstoffzellenvorrichtung kalt ist und startet: (1) wird der Kompressor 30 durch einen Elektromotor angetrieben, der von einer externen Quelle (beispielsweise einer Batterie) gespeist ist, um die erforderliche Luft an das System zu liefern; (2) wird Luft in den Brenner 34 eingeführt und Kohlenwasserstoff-Brennstoff 46 (beispielsweise MeOH oder Benzin) in den Brenner 34 eingespritzt; (3) reagieren die Luft und der Brennstoff in dem Brenner 34, wobei im wesentlichen eine vollständige Verbrennung des Brennstoffes bewirkt wird; und (4) werden die heißen Abgase, die den Brenner 34 verlassen, durch Leitung 36 an die gewählten Reaktoren 12 befördert, die mit dem Brennstoffprozessor 2 in Verbindung stehen.

Sobald die Reaktoren 12 in dem Brennstoffprozessor 2 eine erreichte angemessene Temperatur aufweisen, beginnt der Reformationsprozeß und der Prozeß umfaßt, wie folgt: (1) Ventil 32 wird aktiviert, um Luft von dem Kompressor 30 an die Kathodenseite der Brennstoffzelle 22 zu führen; (2) Brennstoff 6 und Wasser 8 werden an den Brennstoffprozessor 2 zugeführt, um die Reformationsreaktion zu beginnen; (3) Reformat, das den Brennstoffprozessor 2 durch Leitung 20 verläßt, wird an die Anodenseite der Brennstoffzelle 22 zugeführt; (4) Anodenabfluß 26 von der Brennstoffzelle 22 wird in den Brenner 34 geführt; (5) Kathodenabfluß 28 von der Brennstoffzelle 22 wird in den Brenner 34 geführt; (6) der Brennstoff 46, Luft, Kathodenabfluß 28 und Anodenabfluß 26 werden in dem Brenner 34 verbrannt. Bei einer bevorzugten Sequenz wird Schritt (2) zunächst zusammen mit der Lieferung von Luft direkt zu dem Brenner implementiert. Anschließend werden, wenn der wasserstoffreiche Strom angemessen niedrige CO-Niveaus aufweist, die Schritte (1) und (3) gefolgt durch die Schritte (4), (5) und (6) implementiert.

Unter bestimmten Bedingungen könnte der Brenner 34 ausschließlich mit den Anoden-(26)- und Kathoden-(28)-Abflüssen ohne Erfordernis für zusätzlichen Kohlenwasserstoff-Brennstoff 46 arbeiten. Unter diesen Bedingungen ist die Brennstoffeinspritzung zu dem Brenner 34 unterbrochen. Unter anderen Bedingungen, beispielsweise erhöhten Leistungsanforderungen, wird Brennstoff 46 vorgesehen, um den A_{aus} (26) zu dem Brenner 34 zu ergänzen. Es ist zu sehen, daß der Brenner 34 mehrere Brennstoffe aufnimmt, wie beispielsweise einen Kohlenwasserstoff-Brennstoff 46 wie auch Anodenabfluß 26 von der Anode der Brennstoffzelle 22. Sauerstoffabgereicherte Abgasluft 28 von der Kathode der Brennstoffzelle 22 und Luft von dem Kompressor 30 werden auch an den Brenner 34 geliefert.

Gemäß dem Beispiel des vorliegenden Brennstoffzellensystemes steuert eine Steuerung 150, die in Fig. 1 gezeigt

10

ist, verschiedene Aspekte des Betriebs des in Fig. 1 gezeigten Systemes. Die Steuerung 150 kann einen geeigneten Mikroprozessor, Mikrocontroller, Personalcomputer, etc. umfassen, der eine Zentralverarbeitungseinheit (CPU) aufweist, die in der Lage ist, ein Steuerprogramm und in einem Speicher gespeicherte Daten auszuführen. Die Steuerung 150 kann eine zweckbestimmte Steuerung sein, die für eine der Komponenten in Fig. 1 spezifisch ist, oder kann in Software implementiert sein, die in dem elektronischen Hauptfahrzeugsteuermodul gespeichert ist. Ferner sei, obwohl auf Software basierende Steuerprogramme zur Steuerung von Systemkomponenten in verschiedenen Betriebsmoden, wie oben beschrieben ist, verwendbar sind, zu verstehen, daß die Steuerung auch in Teilen oder als Ganzes durch eine zweckbestimmte elektronische Schaltung implementiert sein kann. Die Steuerung 150 steuert die Einspritzeinrichtung 43, wodurch die Rate an zu dem Brenner 34 zugeführtem Kohlenwasserstoff-Brennstoff geregelt wird. Die Steuerung 150 überwacht den Druck P, insbesondere die zweite Drucküberwachungseinrichtung P4 und erste Drucküberwachungseinrichtung P5, wie unten beschrieben ist. Vorzugsweise regelt die Steuerung 150 den Betrieb der Einspritzeinrichtung 43, um eine Lieferung von Brennstoff an den Brenner 34 zu steuern.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform umfaßt das Brennstoffzellensystem die Brennstoffzelle 22 als Teil eines Fahrzeugantriebssystems 60 (Fig. 2). Hier umfaßt ein Abschnitt der Schaltung 60 außerhalb des Brennstoffzellensystems eine Batterie 62, einen Elektromotor 64 und eine zugeordnete Antriebselektronik mit einem Inverter 65, der derart aufgebaut und angeordnet ist, um elektrische Energie von einem DC/DC-Wandler 61 aufnehmen zu können, der dem Brennstoffzellensystem und insbesondere Brennstoffzelle 22 zugeordnet ist, und um diese in durch den Motor 64 erzeugte mechanische Energie umzuwandeln. Die Batterie 62 ist derart aufgebaut und angeordnet, um elektrische Energie aufnehmen und speichern zu können, die von der Brennstoffzelle 22 geliefert wird, und um elektrische Energie aufnehmen und speichern zu können, die von dem Motor 64 während einer Rückarbeitsbremsung geliefert wird, und um elektrische Energie an den Motor 64 liefern zu können. Der Motor 64 ist mit einer Antriebsachse 66 gekoppelt, um Räder eines Fahrzeugs (nicht gezeigt) zu drehen. Ein elektrochemisches Motorsteuermodul (EECM) 70 und ein Batteriepaketmodul (BPM) 71 überwachen verschiedene Betriebsparameter, die beispielsweise die Spannung und den Strom des Stapels umfassen können. Beispielsweise wird dies durch das Batteriepaketmodul (BPM) 71 oder durch das BPM 71 zusammen mit dem EECM 70 durchgeführt, um ein Ausgangssignal (Nachricht) an die Fahrzeugsteuerung 74 auf der Grundlage von Bedingungen zu senden, die durch das BPM 71 überwacht werden. Die Fahrzeugsteuerung 74 steuert den Elektromotor 64, die Antriebselektronik mit dem Inverter 65, den DC/DC-Wandler 61 und fordert ein Energieniveau von dem EECM 70.

Unter Bezugnahme auf das oben beschriebene System und die beispielhafte Darstellung der Vorrichtung in einem Startmodus und dem Betrieb nach der Startphase sei angemerkt, daß der Start eines Brennstoffzellensystemes vorsichtig koordinierte Schritte erfordert. Das System umfaßt drei wichtige Komponenten. Den Brennstoffzellenstapel 22, den Brenner 34 und den Brennstoffprozessor 2, wie in Fig. 1 gezeigt ist. Zwischen diesen Hauptkomponenten existiert eine zusammenhängende Beziehung. Der Brennstoffprozessor 2 liefert Wasserstoff an den Stapel 22. Ein Anteil des Wasserstoffes, der an den Stapel 22 geliefert wird, wird an den Brenner 34 geführt. Der Brenner 34 liefert Wärme an den Brennstoffprozessor 2. Wenn der Betrieb dieser Haupt-

DE 100 62 257 A 1

11

komponenten in einem relativen Gleichgewicht steht, ist die Energieerzeugung und der Energieverbrauch auch in relativem Gleichgewicht. Es sei jedoch angemerkt, daß in dem Startmodus ein derartiges Gleichgewicht nicht existiert.

Es sei angemerkt, daß ein Startmodus ein Zustand ist, bei dem der Brenner 34 und der Brennstoffprozessor 2 nicht die Sollbetriebstemperatur des Laufmodus aufweisen. Dieser Zustand existiert bei einem Kaltstartzustand und bei einem Startzustand, der nach der Beendigung eines vorherigen Laufmodus ausgeführt wird, wobei zugelassen wurde, daß sich das System von seinen optimalen Betriebstemperaturbedingungen abgekühlt hat. Um das System starten zu können, bevor der Brennstoffprozessor 2 Wasserstoff erzeugt, wird zunächst der Brenner 34 gestartet. Der Brenner wird typischerweise durch die Verwendung von externem Brennstoff 46 erwärmt, der vorzugsweise ein flüssiger Kohlenwasserstoff-Brennstoff ist.

Ein derartiger Kohlenwasserstoff-Brennstoff 46 kann gleich oder verschieden von dem Brennstoff 6 sein, der als ein Reaktand in dem Brennstoffprozessor verwendet wird. Die Lieferung von Luft durch den Kompressor 30 und Brennstoff 46 durch die Einspritzeinrichtung 43 leitet den Startmodus ein. Der Kompressor 30 liefert die Luftströmung und die Einspritzeinrichtung 43 liefert den flüssigen Kohlenwasserstoff-Brennstoff zu dem Brenner 34, der den Brennstoff in Wärme umwandelt und die Wärme an den Brennstoffprozessor 2 durch Leitung 36 liefert. In dem Brennstoffprozessor 2 wird die Wärme dazu verwendet, die Eingangsreaktanden Brennstoff 6, Wasser 8 und/oder Luft 9 vorzuwärmen und auch je nach Bedarf ausgewählte Reaktoren 12 vorzuwärmen. Eine derartige Vorerwärmung wird typischerweise durch indirekte Wärmeübertragung unter Verwendung geeigneter Wärmetauscher (nicht gezeigt) in dem Brennstoffprozessor 2 durchgeführt.

Nachdem der Brennstoffprozessor 2 aufgewärmt ist, wird vorzugsweise Kohlenwasserstoff-Brennstoff 6, der einen der Reaktanden darstellt, in dem Brennstoffprozessor 2 eingespritzt. Der Kohlenwasserstoffreaktand 6 reagiert mit Wasser 8 (Dampf), Luft oder beidem, um den Kohlenwasserstoffreaktanden in einen wasserstoffreichen (H_2)-Strom umzuwandeln. Der wasserstoffreiche Zufuhrstrom umfaßt auch andere Bestandteile, wie beispielsweise Wasser, Kohlenmonoxid und Kohlendioxid. Diese Gase strömen schließlich zu dem Brennstoffzellenstapel 22 durch Leitung 20 wie vorher beschrieben wurde. Vorzugsweise wird, wenn der Brennstoffprozessor 2 zunächst startet, während der Startphase dieser wasserstoffreiche Zufuhrstrom hauptsächlich infolge der Erzeugung einer relativ großen Menge an Kohlenmonoxid durch Leitung 21 zu dem Brenner 34 umgelenkt. Somit wird gegebenenfalls über Ventil 31 eine Umgehung des Brennstoffzellenstapels 22 erreicht. Daher kann bei der Startphase das H_2 -reiche Reformat entweder durch den Stapel oder durch die Umgehung 31 und entlang Leitung 21 verlaufen, um den Stapel zu umgehen. Es ist bevorzugt, daß das Reformat den Stapel in der Startphase umgeht und schließlich Ventil 31 Reformat durch den Stapel 22 führt. Vorzugsweise schaltet das Ventil 31 die Reformatströmung von der Umgehung auf den Stapel um, wenn der CO-Gehalt des Reformats ausreichend niedrig ist. Vorzugsweise schaltet Ventil 32, wenn Ventil 31 schaltet, um eine geeignete niedrige Druckdifferenz in dem Stapel beizubehalten. Vorzugsweise öffnet das Rückschlagventil 7 auf Grundlage von Druckkriterien, die nachfolgend unter Bezugnahme auf P4 und P5 beschrieben sind, und unabhängig von Ventil 31.

Sogar während eines Laufmodus verbraucht der Stapel 22 nicht die gesamte Wasserstoffzufuhr, die durch den Brennstoffprozessor 2 erzeugt wird, so daß ein gewisser Anteil der Wasserstoffzufuhr durch den Stapel 22 und an den Brenner

12

34 gelangt. Der Brenner 34 kann an diesem Punkt die Menge an flüssigem Kohlenwasserstoff-Brennstoff 46, die durch die Einspritzeinrichtung 43 vorgesehen wird, nicht länger brauchen, da der Stapel 22 die erforderliche Wasserstoffzufuhr als Brennstoff an den Brenner 34 liefert. Bei diesem Übergangszustand muß die Menge an flüssigem Brennstoff 46, die durch die Einspritzeinrichtung 43 eingespritzt wird, verringert werden, da ihr Heizwert durch den wasserstoffhaltigen Anodenabfluß 26 verschoben ist. Der Übergang, wenn der Brenner 34 von einem Betrieb vollständig basierend auf flüssigem Brennstoff 46 durch Einspritzeinrichtung 43 abkommt und zu einem Betrieb mit Wasserstoff entweder durch Umgehungsleitung 21 oder Anodenabfluß 26 schaltet, ist ein sehr schwieriger und kritischer Übergang. Dies ist insbesondere der Fall, da die Wasserstoffströmung zu dem Brenner 34 nicht leicht bestimmbar ist.

Bei einem anderen Aspekt der Erfindung sind verschiedene Systemkomponenten vorgesehen, und es ist ein Betriebsmodus vorgesehen, um den schwierigen Übergang zu steuern, wenn der Brenner 34 mit flüssigem Brennstoff 46 betrieben wird und in den Betrieb mit Wasserstoff schaltet, der durch den Brennstoffprozessor 2 erzeugt wird. Bei einem Aspekt sieht die Erfindung Näherungsmittel vor, wenn die Wasserstoffzufuhr (Abfluß) 26 des Brennstoffprozessors zu dem Brenner zu strömen beginnt. Durch Überwachung eines Druckunterschiedes über ein Rückschlagventil 7 wird eine derartige Strömung angegeben. Ein weiterer Aspekt der Erfindung umfaßt einen Zeitgeber, der eine Zeitverzögerung zur Annäherung der Zeitperiode von dem Zeitpunkt, wenn die Strömung beginnt, bis zu dem Zeitpunkt vorsieht, wenn die Wasserstoffzufuhr tatsächlich den Brenner erreicht. Bei einem anderen Aspekt nähert ein Verzögerungsfilter erster Ordnung (Verzögerungsfunktion) das Anfahren der Wasserstoffzufuhr von dem Brennstoffprozessor an.

Insbesondere vor dem Start des Brennstoffprozessors bleibt der Anodenweg, der allgemein mit 20 und in Fig. 1 unterströmig des Brennstoffprozessors 2 mit 26 bezeichnet ist, abgeschlossen gegenüber barometrischem Druck, wobei dieser Druck durch Überwachungseinrichtung P5 in Fig. 1 angegeben ist. Dies findet statt, da die unmittelbar vorhergehende Systemabschaltung den Stapel 22 von wasserstoffreicher Zufuhr unter hohem Druck während des normalen Abschaltens evakuiert hat. Der Stapel 22 kann innerhalb eine kleine Menge des Wasserstoffzufuhrstromes abhängig von der spezifischen Abschaltprozedur aufweisen. Andere Abschaltprozeduren umfassen einen Ersatz des Anodenwasserstoffzufuhrstromes mit Luft oder einem Inertgas, wie beispielsweise Stickstoff. Daher kann angemerkt werden, daß ein Anteil des Systemes, der in Fig. 1 bezeichnet ist, eine kleine Menge an wasserstoffreichem Zufuhrstrom bei einem relativ niedrigen Druck oder Luft oder anderes Inertgas, wie beispielsweise Stickstoff umfassen kann. Insbesondere umfaßt ein derartiger Abschnitt des Systems die Leitung 20 entlang und zu dem Ventil 31 und durch den Stapel und entlang durch Leitung 26 und Leitung 21. Demgemäß befindet sich ein derartiger Abschnitt vor der Startphase in dem beschriebenen Zustand mit niedrigem oder barometrischem Druck.

Während der Startphase erzeugt die Luftströmung von dem Kompressor 30 einen absoluten Druck von etwa 200 kPa, wie durch die Drucküberwachungseinrichtung angegeben ist, die in Fig. 1 mit P4 gezeigt ist. Während der Startphase ist das Rückschlagventil 7 geschlossen, wobei eine Fluidströmungsverbindung zwischen der Luftleitung und den Wasserstoffströmungsleitungen mit niedrigerem Druck, wie oben beschrieben ist, verhindert wird. Der Brennstoffprozessor 2 beginnt die Erzeugung von Wasserstoff, Kohlenmonoxid und Kohlendioxid, wenn Kohlenwasserstoffreaktand 6 und Wasser 8 und/oder Luft durch die

DE 100 62 257 A 1

13

Leitung 9 hinzugefügt werden. Mit dieser eingespritzten Massenströmung beginnt der Druck an der ersten Drucküberwachungseinrichtung P5 anzusteigen. Dies kann an der Zeitperiode A bis B in Fig. 3 gesehen werden. Bis der Druck an der Überwachung P5 etwas höher als der Druck wird, der an P4 überwacht wird, bleibt das Rückschlagventil 7 geschlossen. Sobald der Druck an P5 ausreichend ansteigt, so daß er größer als der Druck an der zweiten Drucküberwachungseinrichtung P4 wird, dann öffnet das Rückschlagventil 7, woraufhin es dem wasserstoffreichen Strom dadurch möglich wird, durch das Rückschlagventil 7 in den Brenner 34 einzutreten. Siehe Punkt B in Fig. 3.

Der wasserstoffreiche Strom tritt nicht unmittelbar in den Brenner 34 ein, wenn das Rückschlagventil 7 geöffnet wird. Dies ist so, da, wenn die letzte Abschaltung ein Inertgas oder Luft verwendet hat, die durch die Anodenseite des Brennstoffzellenstapels 22 eingespritzt wurde, um Wasserstoff auszutreiben, darin, wenn das Rückschlagventil 7 zuerst öffnet, der Brenner mit dem verbleibenden Inertgas oder der verbleibenden Luft beliefert wird. In diesem Fall ist die Strömung des Stromes 26 in den Brenner eine Mischung des Brennstoffprozessors (abfluß) 26 und des anderen Gases, das Inertgas oder Luft ist. Diese Menge dieses anderen Gases fällt mit der Zeit rampenartig ab, bis die Strömung zu dem Brenner 34 im wesentlichen durch den wasserstoffreichen Zufuhrabfluß 26 des Brennstoffprozessors gebildet wird. Wenn während des letzten Abschaltens kein externes Gas in die Anodenseite des Stapels eingeführt wurde, dann wird der Brennstoffprozessorausfluß 26 immer noch nicht unmittelbar nach dem Öffnen des Rückschlagventiles 7 in den Brenner eintreten. Dies ist so, da ein Volumen in der Leitung 26 zwischen dem Rückschlagventil 7 und dem Brenneinlaß 42 vorhanden ist, das hauptsächlich Hochdruckluft von der Kathodenseite 28 des Stapels enthält. Dies ist deutlich in Fig. 1 zu sehen, in der gezeigt ist, daß der Anodenabfluß, der durch Leitung 26 zugeführt wird, und die Druckluft, die durch Leitung 28 zugeführt wird, an einem Einlaßabschnitt des Brenners zusammentreffen, an dem sie vor dem Verbrennen gemischt werden. Dieser Mischungspunkt ist in Fig. 1 mit Z bezeichnet.

Demgemäß muß der wasserstoffreiche Zufuhrabfluß 26 des Brennstoffprozessors dieses Luftvolumen zunächst im wesentlichen in den Brenner drücken, bevor der Wasserstoffabfluß 26 des Brennstoffprozessors alleine in den Brenner zugeführt wird. In jedem Fall wird eine wasserstoffreiche Gasströmung in den Brenner in der Startphase verzögert, nachdem das Rückschlagventil 7 öffnet, und anschließend nimmt eine derartige Strömung rampenartig zu, wenn andere Gase von den Leitungen evakuiert werden, wie unmittelbar oben beschrieben wurde. Es ist zu sehen, daß, wenn das Rückschlagventil 7 geöffnet wird, die Beibehaltung der Verbrennungstemperatur sehr schwierig ist. Daher ist bei einem anderen Aspekt der Erfindung auch ein Verfahren zur Verringerung von flüssigem Brennerbrennstoff 46, der durch Einspritzeinrichtungen 43 eingespritzt wird, vorgesehen, um eine Übereinstimmung mit dem Anstieg der Lieferung von wasserstoffreichem Zufuhrabfluß durch Leitung 26 bei der Startphase zu erhalten. Durch das Verfahren der Erfindung ist der Heizwert, der durch den Anstieg der Wasserstoffzufuhrstromströmung dargestellt ist, durch Abnahme der Menge an flüssigem Brennstoff 46, der durch Einspritzeinrichtung 43 geliefert wird, verschoben. Daher ersetzt er, wenn die Lieferung an wasserstoffreicher Zufuhr zu dem Brenner rampenartig ansteigt, den flüssigen Brennstoff 46, der an den Brenner 34 geliefert wird. Beispielsweise muß bei einem Zahlenbeispiel, wenn 15 Kilowatt an Heizwert des flüssigen Brennstoffs 46 in dem Brenner eingespritzt wurden und 12 Kilowatt an Heizwert der Wasser-

14

stoffzufuhr entsprechend rampenartig eingeführt werden, der flüssige Brennstoff 46 mit etwa derselben Rate auf 3 Kilowatt rampenartig absinken, mit der die Wasserstoffzufuhr rampenartig ansteigt.

Wie oben beschrieben wurde, wird anfänglich nur der flüssige Brennerbrennstoff durch Einspritzeinrichtung 43 zugeführt. Zu Beginn der Brennstoffprozessoreinspritzung (Punkt A in Fig. 3) steigt Druck P5, da die Reaktanten in dem Brennstoffprozessor 2 reagieren. In der Zeit von Periode A bis B von Fig. 3 öffnet sich das Rückschlagventil 7 nicht. Daher muß der Brenner 34 mit seiner eigenen Versorgung mit flüssigem Brennstoff 46 durch Einspritzeinrichtung 43 arbeiten. Schließlich erreicht und überschreitet der anodenseitige Druck, wie bei P5 überwacht, den Druck, wie bei P4 überwacht. Sobald Druck P5 Druck P4 an Punkt B überschreitet, öffnet das Rückschlagventil 7. An diesem Punkt kann es unter bestimmten Systembedingungen möglich sein, die Strömung an flüssigem Brennstoff 46 zu dem Brenner relativ schnell zu unterbrechen oder rampenartig abzusenken, während ein ausreichender Wärmeausgang von dem Brenner 34 zu dem Brennstoffprozessor 2 beibehalten wird.

Bei einem alternativen Aspekt kann ein Zeitgeber verwendet werden, um die voraussichtliche Verzögerung des H₂-reichen Stromes beim Eintritt in den Brenner 34, wie oben beschrieben ist, zu berücksichtigen. Unter diesem Aspekt startet ein Zeitgeber zum Zeitpunkt B in Fig. 3. Dieser Zeitgeber richtet eine Zeitverzögerung ein, die von der Zeitperiode B bis C in Fig. 3 erfolgt. Da die anfängliche Strömung zu dem Brenner 34 nicht durch den wasserstoffreichen Zufuhrabfluß des Brennstoffprozessors gebildet wird, muß die Einspritzung 46 des flüssigen Brennerbrennstoffes anhalten, um die erforderliche Wärme zu liefern. Das Anodensystemvolumen (Kapazität in Leitung 26 oder 21 und oberstromig davon), der Modus der Abschaltung und die Startenergieanforderung des Brennstoffprozessors bestimmen die Länge der Zeitverzögerung (Td). Am Punkt C von Fig. 3 wird der Brenner mit einer Mischung des wasserstoffreichen Zufuhrabflusses des Brennstoffprozessors und irgendwelchen anderen Gasen beliefert, die in der anodenseitigen Verrohrung vorhanden sind, wie vorher beschrieben wurde. An Punkt G sei zu verstehen, daß die Systembedingungen eine relativ schnelle Unterbrechung oder ein relativ schnelles rampenartiges Absenken des flüssigen Brennstoffes 46 zulassen müssen, während ein ausreichender Wärmeausgang von dem Brenner 34 beibehalten wird.

Bei einem bevorzugten Aspekt wird der oben beschriebene Zeitgeber in Verbindung mit einem Verzögerungsfilter erster Ordnung (Verzögerungsfunktion) verwendet, der das Anfahren des wasserstoffreichen Zufuhrvorratsabflusses des Brennstoffprozessors beginnend an Punkt C in Fig. 3 annähert. Schließlich drückt der Zufuhrstromabfluß 26 des Brennstoffprozessors die gesamten anderen Gase heraus und der berechnete Wasserstoffgehalt, der von der Anodenseite der Brennstoffzelle 22 geliefert wird, paßt mit dem tatsächlichen Wasserstoffgehalt zusammen, der von dem Brenner aufgenommen wird. Die Zeitverzögerung (Td) und die Verzögerungsfilterzeitkonstante (K) stimmen mit dem Volumen und der Dynamik des Brennstoffprozessors 2, des Brennstoffzellenstapels 22 und der Brennstoffprozesserverrohrung 20, 21 und 26 überein.

Das Herunterfahren des flüssigen Kohlenwasserstoff-Brennstoffes 46 wird geeigneterweise auch durch einen Verzögerungsfilter erster Ordnung abgeschätzt, wobei der Kohlenwasserstoff-Brennstoffeingang (FI) zum Zeitpunkt n proportional zu $(1 - K) \cdot \text{mal FI bei } (n - 1)$ ist. Hier beeinflußt die Konstante K im wesentlichen die Rate, mit der das Herunterfahren stattfindet. Bei einem relativ hohen Wert von K

DE 100 62 257 A 1

15

findet das Herunterfahren langsam statt. Bei niedrigeren Werten von K findet ein schnelleres Herunterfahren von Kohlenwasserstoff-Brennstoffeingang statt. Die typische Verzögerungsbeziehung läßt sich verallgemeinern auf:
 Neuer Wert = Letzter Wert + K(Eingang - Letzter Wert); und wobei Eingang auf eine Stufenfunktion von 1 bis 0 normiert ist. Hier stellt die 1 einen Eingang von 100% Brennstoff (46) zu dem Zeitpunkt dar, wenn der Verzögerungsfilter aktiviert wird, und 0 ist der Zustand der Beendigung des Eingangs an Brennstoff (46), wenn der Brenner 34 nur mit Wasserstoff-zufuhr arbeitet. Als Beispiel ist der gegebene letzte Wert = 1 zu einem gegebenen Zeitpunkt 1 und K ist 0,2, dann ist zum Zeitpunkt 2 der Neue Wert = $1 + 0,2(0 - 1) = 0,8$, und zu einem Zeitpunkt 3 ist der Neue Wert 0,64 gemäß dem neuen Wert = $0,8 + 0,2(0 - 0,8) = 0,64$.

Es sei angemerkt, daß es auch möglich ist, das Anfahren des H₂-reichen Zufuhrstromes, wie oben beschrieben ist, zu entwickeln und durch Subtraktion zu dem Herunterfahren des flüssigen Kohlenwasserstoff-Brennstoffes zu gelangen.

Wie durch die Darstellung in Fig. 3 gezeigt ist, behält der hier implementierte Betriebsmodus die Brennertemperaturen während der Startphase bei und ermöglicht einen relativ glatten Übergang von einem Startmodus zu einem Laufmodus auf eine proaktive Art und Weise.

Die Erfindung sieht ein wirksames und kostengünstiges Verfahren zur Beibehaltung der Brennertemperatur während der Startphase und über einen glatten Übergang von dem Startmodus zu dem Laufmodus bei. Für ein derartiges Verfahren besteht ein großer Bedarf, da die Massenströmung an Wasserstoff von dem Anodenauslaß 26 zu dem Brenner 34 unbekannt ist. Eine andere Option zur Bewältigung des Übergangsmodus, wie hier beschrieben ist, betrifft die Überwachung der Temperatur des Brenners und dann den Versuch, die Menge an Luft und flüssigem Brennstoff, die zu dem Brenner geliefert wird, wenn die Wasserstoffversorgung ansteigt, auszugleichen. Bei diesem Verfahren wird versucht, Brennstoffeingänge basierend auf der Brennertemperatur zu ändern. Jedoch ist eine Überwachung der Brennerauslaßtemperatur reaktiv und während schneller Übergänge können sich Niveaus von Kohlenwasserstoff-Brennstoff, der zur Verarbeitung in dem Brennstoffprozessor geliefert wird, innerhalb Millisekunden ändern, und der resultierende Wasserstoff, der zu dem Brenner geliefert wird, kann sich genauso schnell ändern. Während der Zeit, in der die Temperatur in dem Brenner ansteigt, ist der Wasserstoff bereits geliefert und in dem Brenner verbraucht worden. Folglich überhitzt sich der Brenner, da eine Einstellung der Einspritzeinrichtung 43 nicht auf taktgebende Art und Weise durchgeführt worden ist. Daher sieht die Erfindung den Vorteil eines glatten Überganges von einem Start- zu einem Laufmodus vor.

Während diese Erfindung hinsichtlich bestimmter Ausführungsformen derselben beschrieben worden ist, ist nicht beabsichtigt, daß diese auf die obige Beschreibung, sondern vielmehr nur durch den Schutzzumfang der folgenden Ansprüche beschränkt ist.

Die Ausführungsformen der Erfindung, in denen ein ausschließliches Recht oder Privileg beansprucht ist, sind in den folgenden Ansprüchen definiert.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Ausbildung eines glatten Überganges von einem Startmodus zu einem Laufmodus in einem Brennstoffzellensystem des Typs, der einen Brenner, der einen Druckluftstrom und einen Kohlenwasserstoff-Brennstoff aufnimmt und den Druckluftstrom und den Brennstoff reagiert, um Wärmeenergie zu erzeugen,

16

gen, einen Brennstoffprozessor, der die Wärmeenergie von dem Brenner aufnimmt und dazu dient, einen wasserstoffreichen Zufuhrstrom zu erzeugen, und einen Brennstoffzellenstapel umfaßt, in dem der Zufuhrstrom reagiert, um Elektrizität zu erzeugen, wobei das Verfahren die Schritte umfaßt, daß:

ein Strömungsweg für den Zufuhrstrom von dem Brennstoffprozessor zu dem Brenner hergestellt wird; der Strömungsweg in Ansprechen auf den Druck des Zufuhrstromes in dem Strömungsweg, der den Luftstromdruck überschreitet, geöffnet wird; und die Lieferung an Kohlenwasserstoff-Brennstoff zu dem Brenner in Ansprechen auf eine Zuführung des Zufuhrstromes in den Brenner von dem Strömungsweg verringert wird, um eine erwünschte Lieferung von Wärmeenergie an den Brenner beizubehalten und einen relativ glatten Übergang von einem Startmodus zu einem Laufmodus zu ermöglichen.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Schritt zum Öffnen des Strömungsweges umfaßt, daß:

eine Blockierung in dem Strömungsweg hergestellt wird; und die Blockierung in dem Strömungsweg in Ansprechen auf den Druck des Zufuhrstromes in dem Strömungsweg, der den Luftstromdruck überschreitet, beseitigt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei der Schritt zur Herstellung einer Blockierung in dem Strömungsweg umfaßt, daß ein Rückschlagventil in dem Strömungsweg positioniert wird, dessen eine Seite zu dem Zufuhrstromdruck und dessen andere Seite zu dem Luftstromdruck weist.

4. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Schritt zur Verringerung der Lieferung von Kohlenwasserstoff-Kraftstoff zu dem Brenner umfaßt, daß die Einleitung der Verringerung für eine vorbestimmte Zeitdauer nach der Öffnung des Strömungsweges verzögert wird, um Zeit zum Spülen des Strömungsweges vor dem Zuführen des Zufuhrstromes in den Brenner zuzulassen.

5. Verfahren nach Anspruch 4, wobei nach der Einleitung der Verringerung die Lieferung des Kohlenwasserstoff-Brennstoffes zu dem Brenner im Verhältnis zu dem Anstieg der Lieferung an Zufuhrstrom zu dem Brenner verringert wird, um eine im wesentlichen konstante Lieferung von Wärmeenergie an den Brenner beizubehalten.

6. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Verringerung des Kohlenwasserstoff-Brennstoffes durchgeführt wird, um eine im wesentlichen konstante Lieferung der Wärmeenergie beizubehalten.

7. Verfahren zum Betrieb eines Brennstoffzellensystemes, das umfaßt, daß ein Kohlenwasserstoff-Brennstoff und ein Druckluftstrom an einen Brenner geliefert werden und der Kohlenwasserstoff-Brennstoff und der Druckluftstrom in dem Brenner reagieren, um eine Wärme zur Lieferung an einen Brennstoffprozessor zu erzeugen, ein Kohlenwasserstoffreaktand und zumindest ein Reaktand, der aus der Gruppe gewählt ist, die aus Dampf und Luft besteht, in dem Brennstoffprozessor reagieren, um einen wasserstoffreichen Zufuhrstrom zu erzeugen, und der Zufuhrstrom in einem Brennstoffzellenstapel reagiert, um Elektrizität zu erzeugen, dadurch gekennzeichnet, daß:

eine Blockierung in einem Strömungsweg von dem Brennstoffprozessor zu dem Brenner hergestellt wird, der Druck des Luftstromes zu dem Brenner überwacht wird;

der Druck des Zufuhrstromes in dem Strömungsweg

DE 100 62 257 A 1

17

oberstromig der Blockierung überwacht wird;
 die Blockierung in dem Strömungsweg in Ansprechen
 auf den Zufuhrstromdruck in dem Strömungsweg, der
 den Druck des Luftstromes überschreitet, beseitigt
 wird, wodurch der Zufuhrstrom in den Brenner zur Re-
 aktion darin in dem Luftstrom zugeführt wird; und
 die Lieferung des Kohlenwasserstoff-Brennstoffes zu
 dem Brenner in Ansprechen auf eine Zufuhr des Zu-
 fuhrstromes in den Brenner zur Reaktion darin mit dem
 Luftstrom verringert wird.
 8. Verfahren nach Anspruch 7, wobei der Schritt zur
 Verringerung der Lieferung von Kohlenwasserstoff-
 Brennstoff zu dem Brenner umfaßt, daß die Einleitung
 der Verringerung für eine vorgegebene Zeitperiode
 nach der Entfernung der Blockierung in dem Strö-
 mungsweg verzögert wird, wodurch Zeit zum Spülen
 des Strömungsweges zwischen der Blockierung und
 dem Brenner zugelassen wird.
 9. Verfahren nach Anspruch 8, wobei nach der Einlei-
 tung der Verringerung die Lieferung von Kohlenwas-
 serstoff-Brennstoff an den Brenner im Verhältnis zu der
 Erhöhung der Lieferung an Zufuhrstrom zu dem Bren-
 ner verringert wird, um eine im wesentlichen konstante
 Lieferung von Wärmeenergie an den Brenner beizubeh-
 alten und einen relativ glatten Übergang von einem
 Startmodus zu einem Laufmodus zu ermöglichen.
 10. Verfahren nach Anspruch 7, wobei die Lieferung
 von Kohlenwasserstoff-Brennstoff gemäß eines Verzö-
 gerungsfilters erster Ordnung verringert wird, der so
 kalibriert ist, damit er das Volumen und die Dynamik
 des Brennstoffprozessors und des Brennstoffzellensta-
 pels wiedergibt.
 11. Verfahren nach Anspruch 7, wobei die Blockie-
 rung in dem Strömungsweg ein Rückschlagventil um-
 faßt, dessen eine Seite zu dem Zufuhrstromdruck und
 dessen andere Seite zu dem Luftstromdruck weist.
 12. Verfahren zum Betrieb eines Brenners, um einen
 Brennstoffprozessor auf eine Solltemperatur zu erwär-
 men, wobei der Brennstoffprozessor wasserstoffrei-
 chen (H_2) Zufuhrstrom von einem Kohlenwasserstoff-
 Brennstoff zur Reaktion innerhalb eines Brennstoffzel-
 lenstapels erzeugt, um Elektrizität zu erzeugen, wobei
 das Verfahren die Schritte umfaßt, daß:
 (1) ein Kohlenwasserstoff-Brennstoffstrom an
 den Brenner geliefert wird;
 (2) ein Druckluftstrom an den Brenner geliefert
 wird;
 (3) der Kohlenwasserstoff-Brennstoffstrom und
 der Luftstrom in dem Brenner reagieren, um
 Wärme zur Erwärmung des Brennstoffprozessors
 zu erzeugen;
 (4) ein Kohlenwasserstoffreaktand und zumin-
 dest ein Reaktand, der aus der Gruppe gewählt ist,
 die aus Dampf und Luft besteht, an den Brenn-
 stoffprozessor geliefert wird und die Reaktanden
 in dem Brennstoffprozessor reagieren, um einen
 H_2 -reichen Zufuhrstrom zu erzeugen;
 (5) einen Strömungsweg für den Zufuhrstrom
 von dem Brennstoffprozessor zu dem Brenner
 bereitgestellt wird;
 (6) der Strömungsweg in Ansprechen auf den
 Druck des Zufuhrstromes in dem Strömungsweg,
 der den Luftstromdruck überschreitet, geöffnet
 wird; und
 (7) die Lieferung des Kohlenwasserstoff-Brenn-
 stoffstromes verringert wird, um die Erzeugung
 von Wärme in dem Brenner zu regeln.
 13. Verfahren nach Anspruch 12, wobei ferner eine

18

Zeitverzögerung (T_d) zwischen den Schritten (6) und
 (7) enthalten ist.

14. Verfahren nach Anspruch 13, wobei die Zeitverzö-
 gerung eine Zeitdauer umfaßt, die zumindest so groß
 wie die Zeitdauer ist, die erforderlich ist, damit der H_2 -
 reiche Zufuhrstrom von dem Brennstoffprozessor in
 den Brenner strömen kann.

15. Verfahren nach Anspruch 13, wobei der Brenn-
 stoffzellenstapel in dem Strömungsweg zwischen dem
 Brennstoffprozessor und dem Brenner angeordnet ist,
 und wobei die T_d eine Zeitdauer umfaßt, die zumindest
 so groß wie die Zeitdauer ist, die erforderlich ist, damit
 der H_2 -reiche Zufuhrstrom in dem Weg von dem
 Brennstoffprozessor durch den Brennstoffzellenstapel
 und in den Brenner strömen kann.

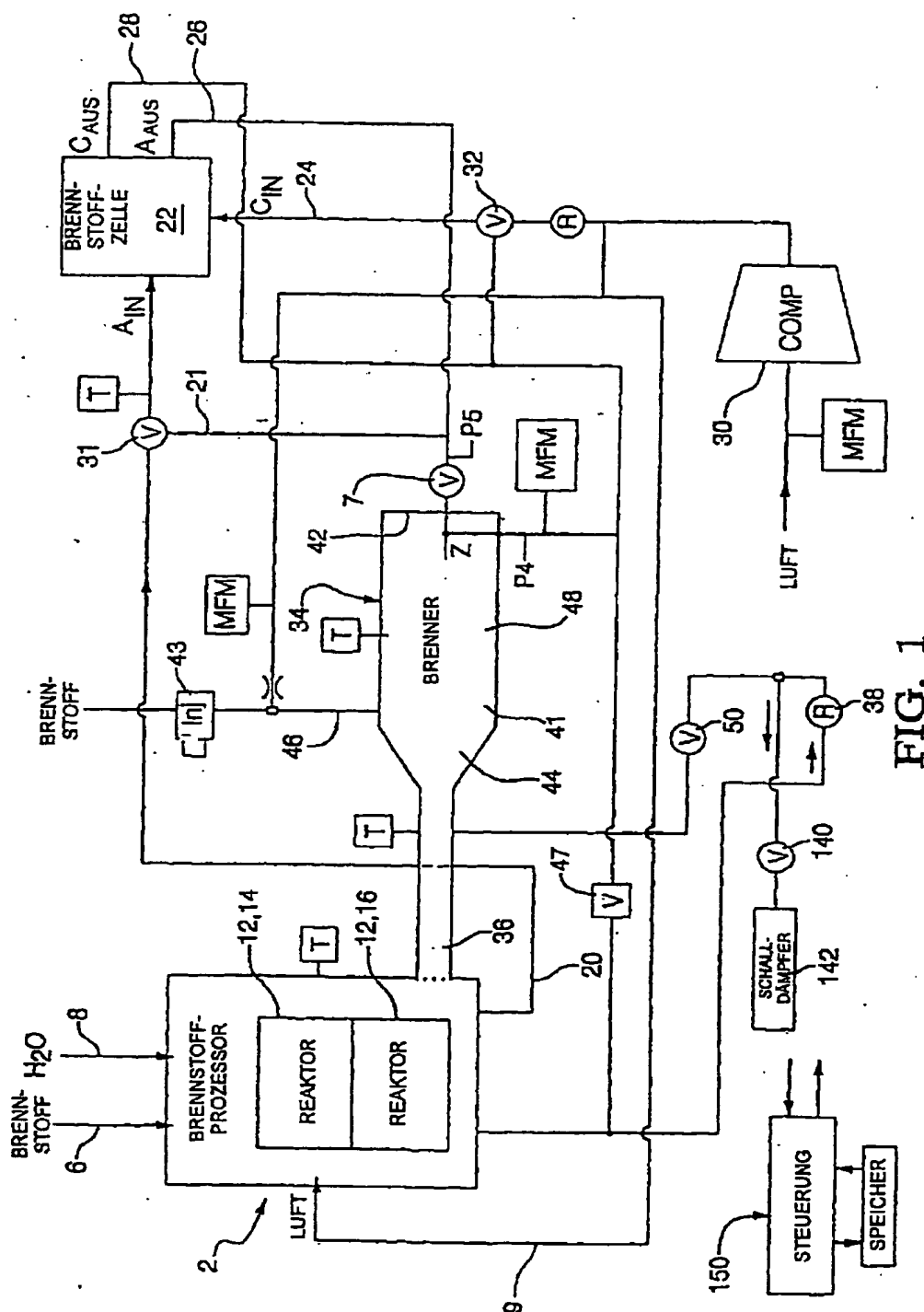
16. Verfahren nach Anspruch 12, wobei Schritt (7) bei
 einer Rate stattfindet, die ausreichend ist, damit der
 Brenner eine Solltemperatur in dem Brennstoffprozes-
 sor beibehalten kann.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

ZEICHNUNGEN SEITE 1

Nummer:
Int. Cl.?:
Offenlegungstag:

DE 100 62 287 A1
H01M 8/02
12. Juli 2001



102 028/367

ZEICHNUNGEN SEITE 2

Nummer:

DE 100 62 257 A1

Int. Cl. 7:

H 01 M 8/02

Offenlegungstag:

12. Juli 2001

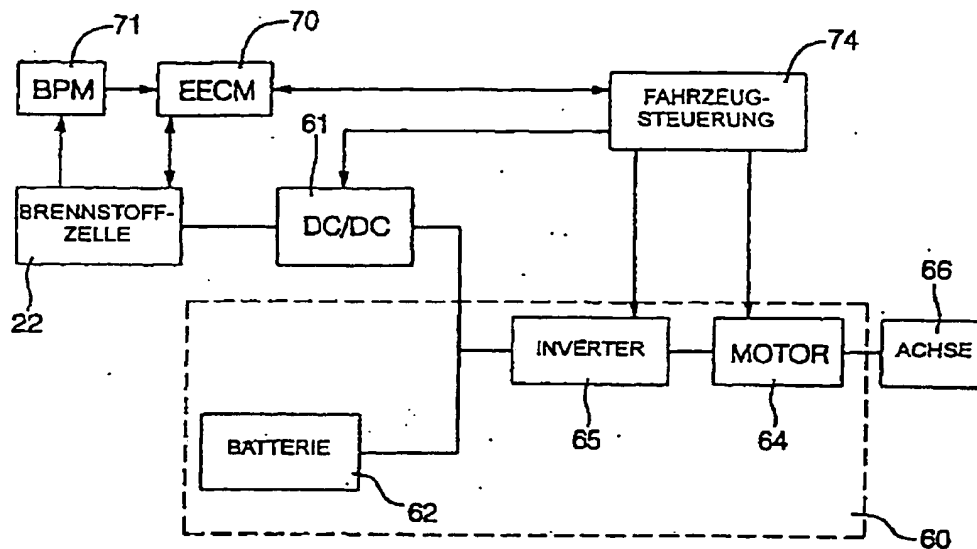


FIG. 2

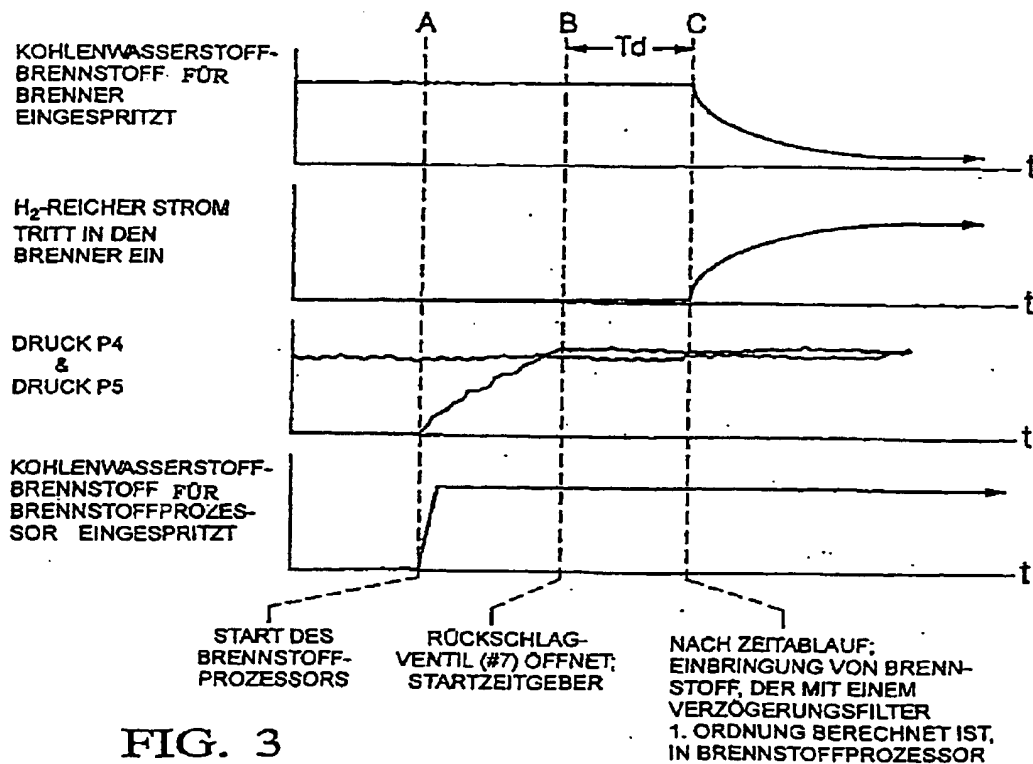


FIG. 3

102 028/367

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.